



⑫

②① Application number : 93305801.8

⑤ Int. Cl.⁵: G06F 15/64

②② Date of filing : 22.07.93

(30) Priority : 31.07.92 JP 205247/92

④3 Date of publication of application :
09.03.94 Bulletin 94/10

⑧ Designated Contracting States :
DE FR GB IT

⑧ Date of deferred publication of search report :
15.06.94 Bulletin 94/24

71 Applicant : **CANON KABUSHIKI KAISHA**
30-2, 3-chome, Shimomaruko,
Ohta-ku
Tokyo (JP)

**(72) Inventor : Saito, Kazuhiro, c/o Canon
Kabushiki Kaisha
30-2, 3-chome Shimomaruko,
Ohta-ku
Tokyo (JP)**

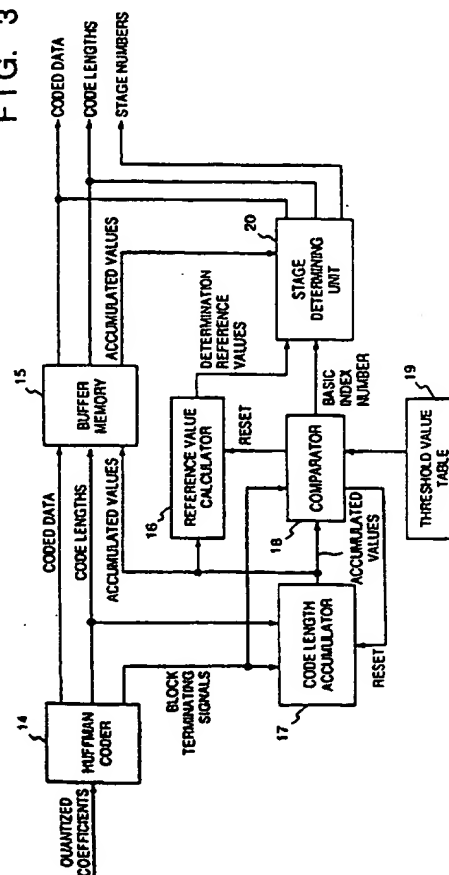
Inventor : Shimomura, Yukari, c/o Canon Kabushiki Kaisha
30-2, 3-chome Shimomaruko,
Ohta-ku
Tokyo (JP)

**74) Representative : Beresford, Keith Denis Lewis
et al
BERESFORD & Co.
2-5 Warwick Court
High Holborn
London WC1R 5DJ (GB)**

(54) Image processing apparatus suitable for multistage compression.

(57) Disclosed are an image processing method and an image processing apparatus capable of controlling the quantity of coded data to a target data quantity. Quantized coefficients are coded by a Huffman coder 14, and the coded data and the code lengths are stored in a buffer memory 15. The code lengths are also supplied to a code length accumulator 17, and the accumulation result is compared with values of a threshold value table 19 by a comparator 18. On the basis of the index (comparison result) from the comparator 18, a reference value from a reference value calculator 16, and the code length accumulated value from the buffer memory 15, a stage determining unit 20 determines a stage to which the coded data and the code lengths in the buffer memory 15 are allocated, and outputs the stage as a stage number.

Fig. 3





European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 93 30 5801

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.5)
X	US-A-4 225 885 (LUX PETER ET AL) 30 September 1980	1-20, 24, 25	G06F15/64
Y	* abstract *	21-23, 26	
	* column 3, line 5 - line 24 *		
Y	GB-A-2 102 240 (DAINIPPON SCREEN MFG) 26 January 1983	21-23, 26	
	* abstract *		
P, X	GB-A-2 259 824 (SONY) 24 March 1993	1-20, 24, 25	
	* page 1, line 30 - page 3, line 13; claim 1 *		
A	EP-A-0 487 282 (CANON KK) 27 May 1992	1-26	
	* column 2, line 10 - line 24 *		
A	EP-A-0 469 852 (CANON KK) 5 February 1992	21-23, 26	
	* page 5, line 3 - line 7 *		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 354 (E-0958) 31 July 1990 & JP-A-02 122 763 (NIPPON ELECTRIC CO) 10 May 1990		
	* abstract *		
The present search report has been drawn up for all claims			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.5)
			G06F H04N
Place of search		Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE		19 April 1994	Pierfederici, A
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS			
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons A : member of the same patent family, corresponding document	

EPO FORM 1500 (04/94)

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 702 580

②1 N° d'enregistrement national :

93 02828

⑤1 Int Cl⁵ : G 06 F 15/62

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 09.03.93.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : BLONDEL Gérard — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BLONDEL Gérard.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 16.09.94 Bulletin 94/37.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Procédé de compression d'une image numérique à une taille prédéterminée, et procédé de décompression correspondant.

⑤7 Le procédé de compression de l'invention permet d'obtenir une image compressée dont la taille est sensiblement égale à une taille prédéterminée T tout en étant inférieure ou égale à ladite taille prédéterminée, sans perte de l'information caractéristique principale de l'image numérique initiale.

Il est du type connu en ce qu'il utilise le principe de compression communément appelé JPEG.

De manière caractéristique il consiste dans un premier temps à trouver par itérations successives la dernière matrice de quantification (Q_n ou Q_{n-1}) pour laquelle la taille de l'image compressée est supérieure ou égale à la taille prédéterminée. Dans un deuxième temps, il consiste à effectuer, de manière itérative, un codage à longueur variable, du type codage de HUFFMAN, de toutes les matrices résultant d'une quantification réalisée à partir de la matrice de quantification Q_n ou Q_{n-1} , précitée, en faisant varier à chaque itération le nombre de coefficients codés jusqu'à trouver le nombre de coefficients maximum N qui doivent être codés pour que la taille de l'image compressée obtenue soit inférieure ou égale à la taille prédéterminée.

FR 2 702 580 - A1



PROCEDE DE COMPRESSION D'UNE IMAGE NUMERIQUE A UNE TAILLE
PREDETERMINEE, ET PROCEDE DE DECOMPRESSION CORRESPONDANT

La présente invention a pour objet un procédé de compression d'une image numérique à une taille prédéterminée, ainsi que le procédé de décompression correspondant.

Dans de nombreuses applications, il est nécessaire de réduire la taille des images numériques qui sont stockées en mémoire, afin de réduire l'espace mémoire occupé. Cette réduction de taille peut être réalisée par divers procédés connus de compression.

Un procédé connu de compression d'images numériques consiste dans une première étape à effectuer une décomposition de l'image numérique initiale en un ou plusieurs plans, et dans une deuxième étape à effectuer une compression de chaque plan.

S'agissant d'une image numérique couleur, dite image RVB, la première étape est par exemple réalisée, en utilisant une transformation dite LUV, également connue sous le nom de transformation YCrCb, qui permet de décomposer l'image numérique en trois plans indépendants L, U et V. Le plan L est appelé plan luminance et contient toute l'information relative au contraste de l'image numérique initiale, les plans U et V sont encore appelés plans chrominance U et plan chrominance V.

Dans le cas d'une image numérique en noir et blanc, c'est-à-dire composée de pixels codés en niveau de gris, la première étape consistera à transformer l'image numérique initiale en un unique plan luminance L.

Un procédé de compression permettant la réalisation de la deuxième étape précitée est connu sous le nom de JPEG, et a déjà été décrit en vue de sa normalisation, dans un document, référencé CD 10918-1, intitulé "Digital compression and coding of continuous-tone still images" et publié par le comité international ISO/IEC JTC 1/SC2/WG10.

Le procédé de compression JPEG appliqué sur chaque plan L, U et V permet d'obtenir une image compressée, dont la taille ainsi que la qualité de l'image après décompression dépendent des paramètres du procédé, et notamment de la matrice de quantification utilisée. Le procédé de compression JPEG ne permet donc pas

d'obtenir une image compressée de taille prédéterminée. En effet, ce procédé de compression utilise un codage à longueur variable du type codage de HUFFMAN, qui n'est pas déterministe.

Le but que s'est fixé le demandeur est de proposer un
05 procédé de compression d'une image numérique, qui utilise le principe de compression JPEG, mais qui permet d'obtenir une image compressée dont la taille est sensiblement égale à une taille prédéterminée tout en étant inférieure ou égale à ladite taille prédéterminée, sans perte de l'information caractéristique
10 principale de l'image numérique initiale, c'est-à-dire une image compressée dont la taille est fixée avant la compression, et qui après décompression permet de restituer une image dont la qualité visuelle est proche de celle de l'image initiale avant compression.

15 Cet objectif est atteint par le procédé de compression, de l'invention, d'une image numérique à une taille prédéterminée T , qui est du type connu en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

1. Décomposer l'image numérique en un ou plusieurs plans ;
2. Effectuer une compression, du type JPEG, de chaque plan,
20 en effectuant la succession d'étapes suivantes :

2.1. Décomposer la matrice représentative du plan en matrice élémentaire M_k de dimension $(n \times n)$;

2.2. Calculer les matrices DC_k résultant d'une transformation DCT respectivement de chaque matrice élémentaire M_k ;

- 25 2.3. Calculer les matrices DCQ_k résultant de la quantification respectivement de chaque matrice DC_k à partir d'une matrice de quantification donnée ;

2.4. Effectuer un codage à la longueur, du type codage de HUFFMAN ou codage arithmétique, des coefficients de chaque matrice
30 DCQ_k à partir d'une lecture zigzag de ces coefficients ;

De manière caractéristique, le procédé de compression de l'invention consiste à effectuer la succession d'étapes suivantes :
a) Réaliser les étapes 1 et 2 précitées avec une matrice de quantification initiale Q_0 ;

- 35 b) Si la taille des plans compressés obtenus à l'étape a) est supérieure (respectivement inférieure) à la taille prédéterminée T , réitérer, pour toutes les matrices DC_k obtenues, les étapes 2.3. et 2.4. précitées, en choisissant à chaque itération, une

nouvelle matrice de quantification Q_j , telle que la taille des plans compressés obtenus soit inférieure (respectivement supérieure) à la taille des plans compressés obtenus avec la matrice de quantification Q_{j-1} utilisée à l'itération précédente, jusqu'à ce que la matrice de quantification Q_n choisie à la n ème itération, soit telle que la taille des plans compressés obtenus soit strictement inférieure (respectivement supérieure) à la taille prédéterminée T ;

c) Répéter l'étape 2.4, pour toutes les matrices DCQ_k qui résultent d'une quantification réalisée à partir de la matrice de quantification Q_{n-1} (respectivement Q_n), en faisant varier à chaque itération le nombre de coefficients codés jusqu'à trouver le nombre de coefficients maximum N qui doivent être codés pour que la taille des plans compressés obtenus soit inférieure ou égale à la taille prédéterminée T .

Le demandeur a constaté que de façon inattendue, à tailles égales, l'image compressée obtenue par le procédé de l'invention permettait d'obtenir par décompression une image de meilleure qualité que celle obtenue à partir d'une image compressée selon le principe JPEG, bien que dans le procédé de l'invention certains coefficients des matrices DC_k aient été supprimés lors du codage d'un nombre limité de coefficients. De même pour une qualité d'image restituée après décompression comparable, le procédé de l'invention permet d'obtenir une image compressée dont la taille est nettement inférieure à celle obtenue par le procédé de compression JPEG.

De préférence, à l'étape b du procédé de compression de l'invention, selon que la taille des plans compressés obtenus à l'étape a) est supérieure ou inférieure à la taille prédéterminée T , la nouvelle matrice Q_j est choisie de telle sorte que ses coefficients sont soit strictement supérieurs soit strictement inférieurs aux coefficients de la matrice Q_{j-1} utilisée à l'itération précédente.

Selon un mode particulier de réalisation, la matrice de quantification Q_j est choisie à chaque itération de l'étape b, de telle sorte que $Q_j = A_j \cdot Q_0$, A_j étant un facteur de multiplication soit strictement croissant, soit strictement décroissant à chaque itération.

Avantageusement, les facteurs de multiplication A_j correspondent aux éléments d'une suite arithmétique ou géométrique.

De préférence, les matrices élémentaires M_k sont de dimension (8×8) .

Un autre objet de l'invention est de proposer un procédé de décompression d'une image compressée à partir du procédé de l'invention.

Ce procédé de décompression est du type connu en ce qu'il consiste à effectuer la succession d'étapes suivantes :

3. Pour chaque plan compressé de l'image,

3.1. Effectuer le décodage du plan compressé, correspondant au codage statistique utilisé lors de l'étape 2.4 du procédé de compression, en sorte de calculer les coefficients de chaque matrice DCQ'_k ;

3.2. Effectuer une reconstitution en zigzag de chaque matrice DCQ'_k ;

3.3. Calculer à partir de la matrice de quantification utilisée à l'étape 2.3, chaque matrice DC'_k résultant de la déquantification de chaque matrice DCQ'_k ;

3.4. Calculer chaque matrice élémentaire M'_k résultant de la transformation DCT inverse respectivement de chaque matrice DC'_k ;

3.5. Reconstituer un plan décompressé à partir des matrices élémentaires M'_k obtenues ;

4. Reconstituer une image décompressée à partir du ou des plans décompressés obtenus en effectuant la transformation inverse, de celle utilisée à l'étape 1 du procédé de compression.

De manière caractéristique selon l'invention, à l'étape 3.1. précitée, on obtient pour chaque matrice DCQ'_k un nombre de coefficients correspondant au nombre N trouvé à l'étape c, du procédé de compression de l'invention ; dans ce cas, l'étape 3.2. est réalisée en effectuant une reconstitution en zigzag de chaque matrice DCQ'_k à partir de ces N coefficients et en complétant chaque matrice à l'aide de coefficients nuls ; la matrice de quantification utilisée à l'étape 3.3 est la matrice Q_{n-1} ou Q_n utilisée à l'étape c) du procédé de compression de l'invention.

- D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante d'un mode particulier de réalisation du procédé de compression et de décompression de l'invention, donnée en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- 05 - les figures 1 et 2 schématisent les différentes étapes d'un procédé particulier de compression,
 - la figure 3 est une matrice illustrant le principe de la lecture zigzag,
 - les figures 4A, 4B, 4C sont des organigrammes pour la mise en
 - 10 oeuvre du procédé de compression particulier illustré aux figures 1 et 2,
 - et les figures 5A et 5B constituent un organigramme du procédé de décompression correspondant.

Le procédé de compression de l'invention a pour but de
 15 réduire la taille d'une image numérique à une taille prédéterminée, notamment en vue de son stockage, tout en gardant l'intégrité de l'information de l'image initiale avant compression.

On a représenté à la figure 1 une image numérique 1 de
 20 dimension $(X * Y)$ pixels. Cette image est constituée de trois plans distincts $R, \sqrt{}$, et B de dimension $(X * Y)$ pixels. Un pixel de l'image 1 est obtenu par la concaténation des trois pixels correspondants des plans $R, \sqrt{}$ et B . En pratique les pixels de chaque plan sont codés sur cinq bits.

25 Chaque plan $R, \sqrt{}$ et B peut être décomposé respectivement en bloc élémentaire $R_{i,j}, \sqrt{_{i,j}}$ et $B_{i,j}$ de 16 pixels sur 16 pixels. S'agissant par exemple d'une image numérique 1 de 512 pixels sur 512 pixels, chaque plan sera constitué de 1024 blocs élémentaires.

30 On définit, à partir de cette décomposition de chaque plan en blocs élémentaires, des unités minimales de données $MDU_{i,j}$ qui sont constituées par les trois blocs élémentaires correspondant $R_{i,j}, \sqrt{_{i,j}}$ et $B_{i,j}$.

Chaque unité minimale de données $MDU_{i,j}$, repérée par la
 35 référence 2 sur la figure 1, est transformée conformément aux différentes étapes illustrées sur cette même figure.

On commence par effectuer une transformation LUV de

l'unité minimale de données 2. La transformation LUV est évidemment donnée ici à titre d'exemple non limitatif. On pourrait sans pour autant sortir du cadre de l'invention, utiliser une autre transformation connue de l'homme du métier et permettant de
 05 décomposer une image numérique initiale en un ou plusieurs plans. On obtient l'unité minimale de données 3 qui est composée de trois blocs élémentaires $L_{i,j}$, $U_{i,j}$ et $V_{i,j}$, de 16 pixels sur 16 pixels. La transformation LUV est une multiplication matricielle du type :

$$10 \quad \begin{bmatrix} L \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

15 Chaque bloc élémentaire de l'unité minimale de données 3 peut être décomposé en quatre matrices élémentaires de dimension (8 x 8). A partir de l'unité minimale de données 3, on effectue un sous-échantillonnage des blocs élémentaires $U_{i,j}$ et $V_{i,j}$. Ce sous-échantillonnage, dit de chrominance, consiste à garder intact
 20 le bloc élémentaire $L_{i,j}$, et à ne garder pour chaque bloc élémentaire $U_{i,j}$ et $V_{i,j}$ qu'une seule matrice élémentaire sur les quatre. On obtient alors une unité minimale de données 4 constituée des six matrices élémentaires M_0 , M_1 , M_2 , M_3 , M_4 et M_5 .

Toute l'information relative au contraste de l'image
 25 initiale est contenue dans les blocs élémentaires $L_{i,j}$. Les blocs élémentaires $U_{i,j}$ et $V_{i,j}$ contiennent l'information couleur de l'image initiale. Le pouvoir de résolution de l'oeil humain est beaucoup plus faible dans la distinction de la couleur que dans celle du contraste. Par conséquent le sous-échantillonnage de la
 30 chrominance permet de diminuer le nombre de données devant être traitées, en ne gardant que les données significatives, c'est-à-dire celles susceptibles de modifier suffisamment les énergies lumineuses perçues par l'oeil humain, compte-tenu de sa sensibilité.

35 On effectue ensuite une transformation cosinus discret, dite DCT (Discret Cosine Transform) de chaque matrice élémentaire M_0 à M_5 , en sorte d'obtenir respectivement les

7

matrices DC_0 à DC_5 constituant l'unité minimale de données 5.

Supposons que la matrice élémentaire M_k et la matrice DC_k correspondante sont représentées par les matrices suivantes :

05

$$10 \quad M_k = \begin{matrix} & s_{00} & \text{-----} & s_{07} \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & s_{70} & \text{-----} & s_{77} \end{matrix} ; \quad DC_k = \begin{matrix} & s_{00} & \text{-----} & s_{07} \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & : & & : \\ & s_{70} & \text{-----} & s_{77} \end{matrix}$$

Dans ce cas, chaque coefficient S_{vu} de la matrice DC_k est obtenu
15 en fonction des coefficients s_{yx} de la matrice M_k par l'équation suivante :

$$20 \quad S_{vu} = \frac{1}{4} C_u C_v \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 s_{yx} \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16}$$

Les coefficients de la matrice M_k sont obtenus en fonction
des coefficients de la matrice correspondante DC_k , par la
transformée DCT inverse, à partir de l'équation suivante :

$$25 \quad s_{yx} = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C_u C_v S_{vu} \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16}$$

Dans les deux équations précitées, $C_u C_v$ valent $1/\sqrt{2}$ lorsque
30 u et v valent 0. Dans le cas contraire C_u et C_v valent 1.

Après chaque transformation DCT d'une matrice élémentaire M_k
donnée, on mémorise la matrice DC_k correspondante dans un fichier
6 à accès séquentiel.

L'organigramme de la figure 4A est un exemple de mise en
35 oeuvre des étapes qui sont illustrées à la figure 1 qui viennent
d'être décrites. Les différentes étapes de cet organigramme sont
suffisamment explicites et ne seront donc pas répétées dans la

présente description.

Une fois que toutes les unités minimales de données 2
constituant l'image numérique 1 ont été traitées, on obtient un
fichier 6 dans lequel toutes les matrices DC_k qui ont été
05 successivement calculées, sont rangées séquentiellement par ordre
d'unité minimale de données 5.

Le traitement particulier par unité minimale de données
qui vient d'être décrit est donné uniquement à titre d'exemple non
limitatif. On pourrait concevoir des unités minimales de données
10 formées de blocs élémentaires dont la dimension est plus
importante. En outre, un traitement par unité minimale de
données n'est pas nécessaire à la réalisation du procédé de
compression de l'invention. En effet, tous les blocs élémentaires
 $L_{i,j}$ constituent un plan luminance L. De même, tous les blocs
15 élémentaires $U_{i,j}$ et $V_{i,j}$ constituent respectivement des plans
chrominances U et V. Il est possible de traiter successivement, et
de façon indépendante, chaque plan L, U et V, à partir d'une
décomposition de chacun de ces plans en matrice élémentaire M_k
de dimension (8×8) . On obtiendrait dans ce cas les mêmes
20 matrices DC_k mais rangées dans un ordre différent dans le fichier
6.

L'intérêt de réaliser le procédé de compression de
l'invention à partir d'une décomposition en unités minimales de
données sera explicité ultérieurement lors de la description du
25 procédé de décompression correspondant.

L'étape de sous-échantillonnage de la chrominance permet
d'améliorer le procédé de compression de l'invention, mais n'est
pas nécessaire à la réalisation de ce procédé.

Si l'on se réfère à la figure 2, à partir d'une lecture
30 séquentielle du fichier 6, on réalise une quantification de
chaque matrice DC_k de dimension (8×8) à l'aide d'une matrice de
quantification initiale Q_0 de même dimension. L'opération de
quantification consiste à effectuer la division de chaque
coefficient d'une matrice DC_k par le coefficient correspondant de
la matrice de quantification. Pour chaque matrice DC_k on obtient
35 alors une matrice DCQ_k de dimension (8×8) .

Après chaque calcul d'une matrice DCQ_k , on effectue un

codage de HUFFMAN de chaque coefficient de ladite matrice, à partir d'une lecture zigzag de ces coefficients. Le codage de HUFFMAN est par ailleurs déjà connu de l'homme du métier et ne sera donc pas expliqué dans la présente description. On peut également, à la place du codage de HUFFMAN utiliser un autre codage statistique, tel qu'un codage arithmétique.

La figure 3 illustre le principe de la lecture zigzag appliquée à une matrice DCQ_k , c'est-à-dire l'ordre particulier dans lequel les coefficients a_{ij} de la matrice sont traités. Le même principe peut être appliqué aux coefficients des matrices DC_k notamment au cours de la quantification de ces coefficients.

Au fur et à mesure du codage de HUFFMAN de chaque coefficient d'une matrice DCQ_k , on mémorise le coefficient codé obtenu dans un fichier 9 à accès séquentiel.

Cette première étape de quantification à partir d'une matrice Q_0 suivie d'un codage de HUFFMAN de tous les coefficients de chaque matrice DCQ_k obtenue est illustrée à la figure 2 par la première boucle itérative référencée 7, et peut être automatiquement mis en oeuvre à l'aide de la première boucle itérative 8 de l'organigramme de la figure 4B.

Une fois que toutes les matrices DC_k du fichier 6 ont été quantifiées puis codées, on obtient un fichier 9 constitué des blocs successifs H_k rangés par ordre d'unité minimale de données.

Dans l'exemple particulier à présent décrit, on suppose que la matrice de quantification initiale Q_0 a été choisie de telle sorte que la taille du fichier 9 qui est obtenue à la première boucle itérative est supérieure à la taille prédéterminée T. Dans ce cas, tant que la taille du fichier 9 est supérieure ou égale à la taille T prédéterminée, on recommence la boucle itérative 7, avec à chaque fois une nouvelle matrice de quantification Q_j .

Le calcul de cette nouvelle matrice de quantification Q_j correspond à la boucle itérative 10 de la figure 2 et est illustré par la boucle itérative 11 de l'organigramme de la figure 4B. Un calcul possible des matrices de quantification Q_j successives consiste par exemple à utiliser un facteur de multiplication A_j à chaque itération, de telle sorte que l'on ait : $Q_j = A_j \cdot Q_0$. Pour obtenir un fichier 9 dont la taille va en

diminuant à chaque itération 10, il est suffisant mais pas forcément nécessaire que chaque coefficient de la matrice Q_j soit strictement supérieur au coefficient correspondant de la matrice Q_{j-1} calculée lors de l'itération précédente. Par
 05 conséquent, il est suffisant que les facteurs de multiplications A_j forment une suite strictement croissante. Ces facteurs de multiplication peuvent être prédéterminés, ou peuvent être calculés au fur et à mesure en utilisant par exemple une suite arithmétique ou une suite géométrique de raison prédéterminée.
 10 Les matrices de quantification Q_j pourraient également dans un autre mode particulier de réalisation être prédéterminées. La boucle itérative 10 consisterait dans ce cas à récupérer dans un fichier contenant toutes les matrices de quantification prédéterminées, la matrice de quantification Q_j suivante.

15 La boucle itérative 10 permet à partir du fichier 6 d'obtenir un fichier 9 dont la taille est décroissante, et de déterminer la dernière matrice de quantification calculée, pour laquelle la taille du fichier 9 obtenu est supérieure ou égale à la taille prédéterminée T . En supposant qu'à la n ème boucle
 20 itérative 10, on obtient un fichier 9 dont la taille est inférieure strictement à la taille prédéterminée T , ladite dernière matrice de quantification correspond donc à la matrice Q_{n-1} qui a été calculée lors de la boucle itérative précédente.

A partir de cette matrice de quantification Q_{n-1} , on
 25 réitère la quantification et le codage de HUFFMAN de chaque matrice DC_k du fichier 6, en sorte d'obtenir le fichier 9 correspondant à la matrice de quantification Q_{n-1} , et dont la taille est supérieure ou égale à la taille prédéterminée T . Ensuite, on réitère le calcul du fichier 9, jusqu'à obtenir un fichier dont la
 30 taille est inférieure ou égale à la taille prédéterminée, en décrémentant à chaque itération le nombre N des coefficients de chaque matrice DC_k qui sont quantifiés puis codés selon le principe de HUFFMAN, à partir d'une lecture zigzag.

Ce traitement itératif correspond à la boucle 13 de la
 35 figure 2, et peut être mis en oeuvre automatiquement à l'aide de l'organigramme de la figure 4C.

Le fichier 9 final obtenu contient, rangés par ordre d'unité

minimale de données, les blocs H_k calculés successivement à partir de la quantification et du codage de HUFFMAN des N premiers coefficients de la matrice DC_k , pris dans l'ordre de la lecture zigzag. A partir de ce fichier 9, on obtient un fichier final compressé 12, qui sera utilisé lors de la décompression, et qui contient tous les blocs H_k du fichier 9 constituant l'image compressée, ainsi que la matrice Q_{n-1} et le nombre N de coefficients codés d'un bloc H_k donné.

Au lieu de décrémenter le nombre de coefficients codés à chaque boucle itérative 13, on aurait pu également effectuer le calcul de ce nombre par dichotomie.

Dans l'exemple particulier de réalisation du procédé de compression qui a été décrit, il a été supposé que la matrice initiale Q_0 était telle que la taille du fichier 9 obtenu initialement à la première étape de quantification correspondant à la première mise en oeuvre de la boucle itérative 7, était supérieure à la taille prédéterminée T du fichier que l'on souhaitait obtenir. Dans ce cas, il était nécessaire comme cela a été décrit que la taille des fichiers 9 successifs aille en décroissant à chaque nouvelle itération. Si on choisit une matrice de quantification initiale Q_0 telle que la taille du premier fichier 9 obtenu soit inférieure à la taille T prédéterminée, il est nécessaire dans ce cas de recommencer la boucle itérative 7, avec à chaque fois une nouvelle matrice de quantification Q_j jusqu'à ce que la taille du fichier 9 obtenu soit supérieure à la taille T prédéterminée. Il est donc nécessaire que les matrices Q_j soient choisies à chaque itération de telle sorte que la taille des fichiers 9 obtenus aille en croissant. Pour cela il suffit que chaque coefficient de chaque nouvelle matrice Q_j soit strictement inférieur au coefficient correspondant de la matrice Q_{j-1} calculée lors de l'itération précédente. En outre, la dernière matrice de quantification calculée, pour laquelle la taille du fichier 9 obtenu est supérieure ou égale à la taille prédéterminée T , n'est pas dans ce cas la matrice de quantification Q_{n-1} , mais la matrice de quantification Q_n . Il revient à l'homme du métier d'adapter les organigrammes des figures 4B et 4C, en fonction de la taille du

premier fichier 9 qui est obtenu à partir de la matrice de quantification initiale Q_0 .

Pour obtenir une image décompressée à partir du fichier 12, il est nécessaire d'effectuer un décodage de chaque bloc H_k dudit fichier, ce qui permet d'obtenir N coefficients décodés. Ce décodage correspond au codage utilisé lors du procédé de compression, en l'occurrence au codage de HUFFMAN. A partir des N coefficients décodés, il est possible pour chaque bloc H_k de reconstituer une matrice DCQ'_k de dimension (8×8) , dont les N premiers coefficients, pris dans l'ordre de la lecture zigzag, correspondent aux N coefficients décodés, et dont les $(64 - N)$ coefficients restants sont choisis égaux à zéro.

Une fois qu'une matrice DCQ'_k a été calculée, on effectue une déquantification de cette matrice, à l'aide de la matrice Q_{n-1} , en sorte d'obtenir une matrice DC'_k de dimension (8×8) . L'opération de déquantification d'une matrice DCQ'_k consiste à multiplier chaque coefficient de cette matrice par le coefficient correspondant de la matrice Q_{n-1} .

Une fois que l'on a obtenu la matrice DC'_k , on effectue une transformation DCT inverse de cette matrice, de manière à obtenir une matrice élémentaire M'_k de dimension (8×8) .

L'organigramme de la figure 5A illustre un exemple particulier de réalisation de la décompression automatique de chaque bloc H_k du fichier 12, en une matrice élémentaire M'_k .

La décompression des blocs $H_0, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$ d'une unité minimale de données du fichier 12 permet d'obtenir une unité minimale de données $MDU_{i,j}$ constituée par les matrices correspondantes $M'_0, M'_1, M'_2, M'_3, M'_4$ et M'_5 .

A partir de chaque unité minimale de données $MDU_{i,j}$ ainsi constituée, on calcule, conformément à l'organigramme de la figure 5B, le bloc élémentaire de 16 pixels sur 16 pixels de l'image RVB décompressée, en vue de son affichage. Ce bloc élémentaire est constitué par les trois blocs $R_{i,j}, V_{i,j}$ et $B_{i,j}$. Les étapes de l'organigramme des figures 5A et 5B sont suffisamment explicites et ne seront donc pas répétées dans la présente description.

La réalisation d'une compression suivie d'une décompression, par unité minimale de données, permet de

reconstituer et d'afficher l'image RVB compressée, au fur et à mesure que l'on traite chaque bloc H_k du fichier 12.

Des essais comparatifs ont été menés entre le procédé de compression connu sous le nom de JPEG, et le procédé de compression de l'invention. Dans un exemple particulier, on a réalisé la compression JPEG d'une image initiale représentant une photo d'identité de 512 pixels sur 480 pixels avec la matrice de quantification initiale Q_0 suivante :

$$Q_0 = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

Le fichier final après compression obtenu avait une taille de 14 608 octets. Sur la même image initiale, on a appliqué le procédé de compression de l'invention avec les paramètres suivants :

Matrice de quantification : Q_0

$T = 15\ 000$ octets (taille prédéterminée)

$$Q_j = \frac{(8-j)}{8} Q_0$$

Un fichier final compressé dont la taille était de 14 462 octets a été obtenu après une itération à l'étape b) du procédé, et en codant un nombre maximum de 17 coefficients à l'étape c) du procédé. La matrice finale de quantification choisie était donc :

$$Q_1 = \frac{7}{8} Q_0$$

Après décompression des deux fichiers compressés précités, il a été constaté que l'image restituée à partir du fichier compressé obtenu à l'aide du procédé de l'invention était de

meilleure qualité que celle restituée à partir du fichier compressé obtenu par le procédé de compression JPEG. A taille de fichier compressé final comparable, le procédé de compression de l'invention permet d'obtenir une image après décompression de meilleure qualité.

Il est également important de remarquer que dans l'exemple précité, en utilisant le procédé de compression JPEG, on ne pouvait pas connaître à l'avance la taille du fichier final compressé que l'on allait obtenir, et par là-même on ne pouvait pas obtenir de façon certaine, contrairement au procédé de compression de l'invention, un fichier final compressé dont la taille était inférieure ou égale à 15 000 octets.

D'autres essais comparatifs ont été menés faisant apparaître que pour une qualité d'image restituée comparable, la taille du fichier final compressé obtenu par le procédé de compression de l'invention était inférieure en moyenne de 20 % à la taille du fichier final compressé obtenu par le procédé de compression JPEG.

Le procédé de compression et de décompression de l'invention peut être appliqué à la constitution de base de données constituées d'images numériques compressées. Etant donné que l'on maîtrise la taille finale de l'image compressée, celle-ci peut également être avantageusement sauvegardée dans une mémoire de taille prédéterminée telle que la mémoire d'une carte à microprocesseur, ou carte à puces.

25

30

35

REVENDECATIONS

1. Procédé de compression d'une image numérique à une taille prédéterminée T , du type comportant la succession d'étapes suivantes :

- 05 1) Décomposer l'image numérique en un ou plusieurs plans,
2) Effectuer une compression de chaque plan en effectuant la succession d'étapes suivantes :

2.1. Décomposer la matrice représentative du plan en matrice élémentaire M_k de dimension $(n \times n)$,

- 10 2.2. Calculer les matrices DC_k résultant d'une transformation cosinus discret respectivement de chaque matrice élémentaire M_k ,

2.3. Calculer les matrices DCQ_k résultant de la quantification respectivement de chaque matrice DC_k à partir d'une matrice de quantification donnée,

- 15 2.4. Effectuer un codage à longueur variable, du type codage de HUFFMAN ou codage arithmétique, des coefficients de chaque matrice DCQ_k à partir d'une lecture zigzag de ces coefficients,

caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la succession d'étapes suivantes :

- 20 a) Réaliser les étapes 1 et 2 précitées avec une matrice de quantification initiale Q_0 ,

- b) Si la taille des plans compressés obtenus à l'étape a) est supérieure (respectivement inférieure) à la taille prédéterminée T , réitérer pour toutes les matrices DC_k obtenues les étapes 2.3. et 2.4. précitées, en choisissant à chaque itération, une nouvelle matrice de quantification Q_j , telle que la taille des plans compressés obtenus soit inférieure (respectivement supérieure) à la taille des plans compressés obtenus à l'itération précédente avec la matrice de quantification Q_{j-1} , et jusqu'à ce que la matrice de quantification Q_n choisie à la n ème itération, soit telle que la taille des plans compressés obtenus soit strictement inférieure (respectivement supérieure) à la taille prédéterminée T ,

- 35 c) Réitérer l'étape 2.4, pour toutes les matrices DCQ_k qui résultent d'une quantification réalisée à partir de la matrice de

- quantification Q_{n-1} (respectivement Q_n), en faisant varier à chaque itération le nombre de coefficients codés jusqu'à trouver le nombre de coefficients maximum N qui doivent être codés pour que la taille des plans compressés obtenus soit inférieure ou égale à la taille prédéterminée T .
- 05 2. Procédé de compression selon la revendication 1 caractérisé en ce que, selon que la taille des plans compressés obtenus à l'étape a) est supérieure ou inférieure à la taille prédéterminée T , les coefficients de la matrice Q_j choisie à chaque itération
- 10 de l'étape b, sont soit strictement supérieurs soit strictement inférieurs aux coefficients de la matrice Q_{j-1} utilisée à l'itération précédente.
3. Procédé de compression selon la revendication 2 caractérisé en ce que la matrice de quantification Q_j est choisie à chaque
- 15 itération de l'étape b, de telle sorte que $Q_j = A_j \cdot Q_0$, A_j étant un facteur de multiplication soit strictement croissant, soit strictement décroissant à chaque itération.
4. Procédé de compression selon la revendication 3 caractérisé en ce que les facteurs de multiplication A_j correspondent aux
- 20 éléments d'une suite arithmétique ou géométrique.
5. Procédé de compression selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que les matrices élémentaires M_k sont de dimension (8×8) .
6. Procédé de décompression d'une image compressée à partir du
- 25 procédé visé à l'une quelconque des revendications 1 à 5 consistant à effectuer la succession d'étapes suivantes :
- 3) Pour chaque plan compressé de l'image,
- 3.1. Effectuer le décodage du plan compressé, correspondant au codage statistique utilisé lors de l'étape 2.4 du procédé
- 30 de compression, en sorte de calculer les coefficients de chaque matrice DCQ'_k ,
- 3.2. Effectuer une reconstitution en zigzag de chaque matrice DCQ'_k ,
- 3.3. Calculer à partir de la matrice de quantification
- 35 utilisée à l'étape 2.3, chaque matrice DC'_k résultant de la déquantification de chaque matrice DCQ'_k ,
- 3.4. Calculer chaque matrice élémentaire M'_k résultant de

la transformation cosinus discret inverse respectivement de chaque matrice DC'_k ,

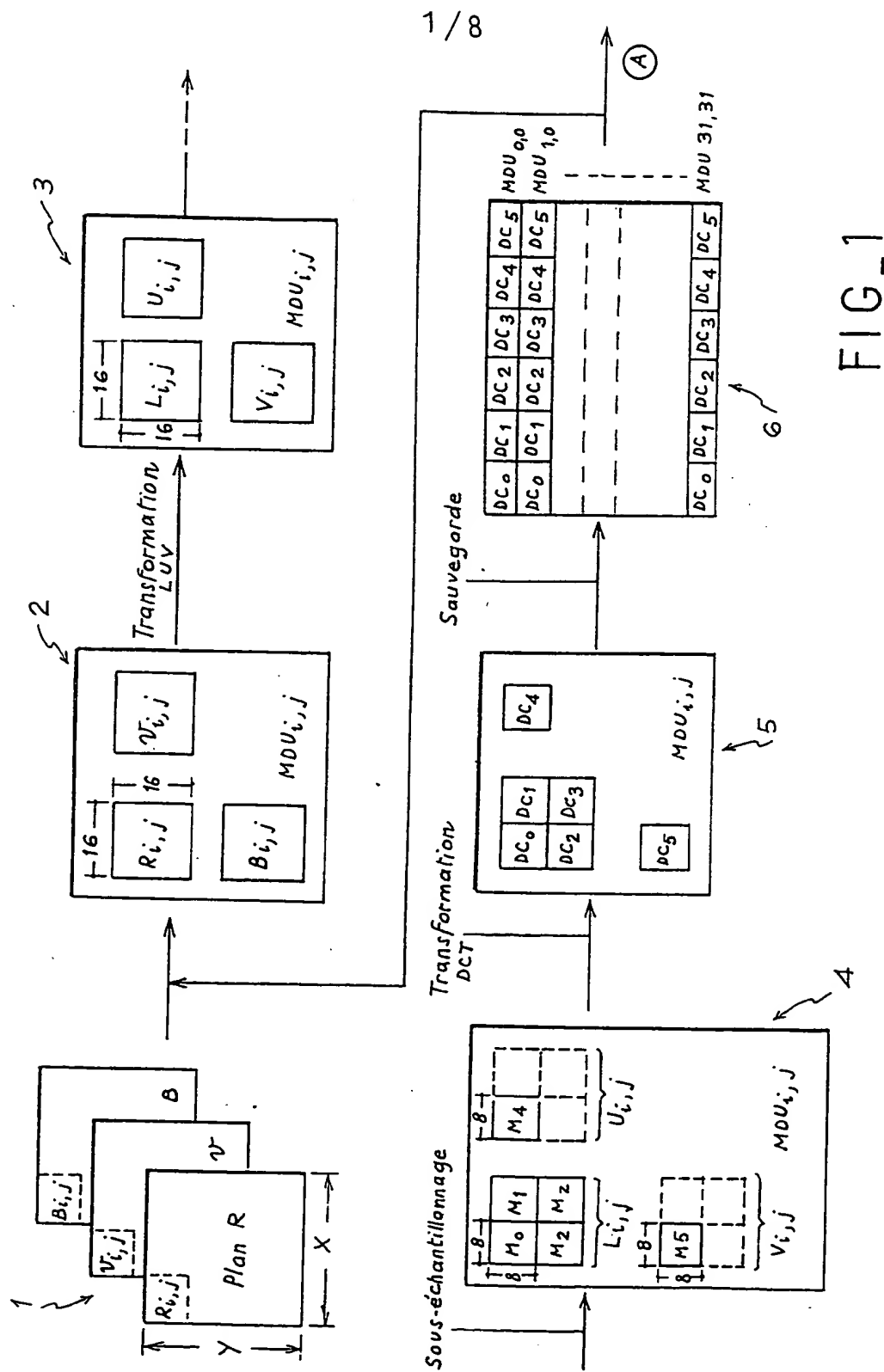
3.5. Reconstituer un plan décompressé à partir des matrices élémentaires M'_k obtenues ,

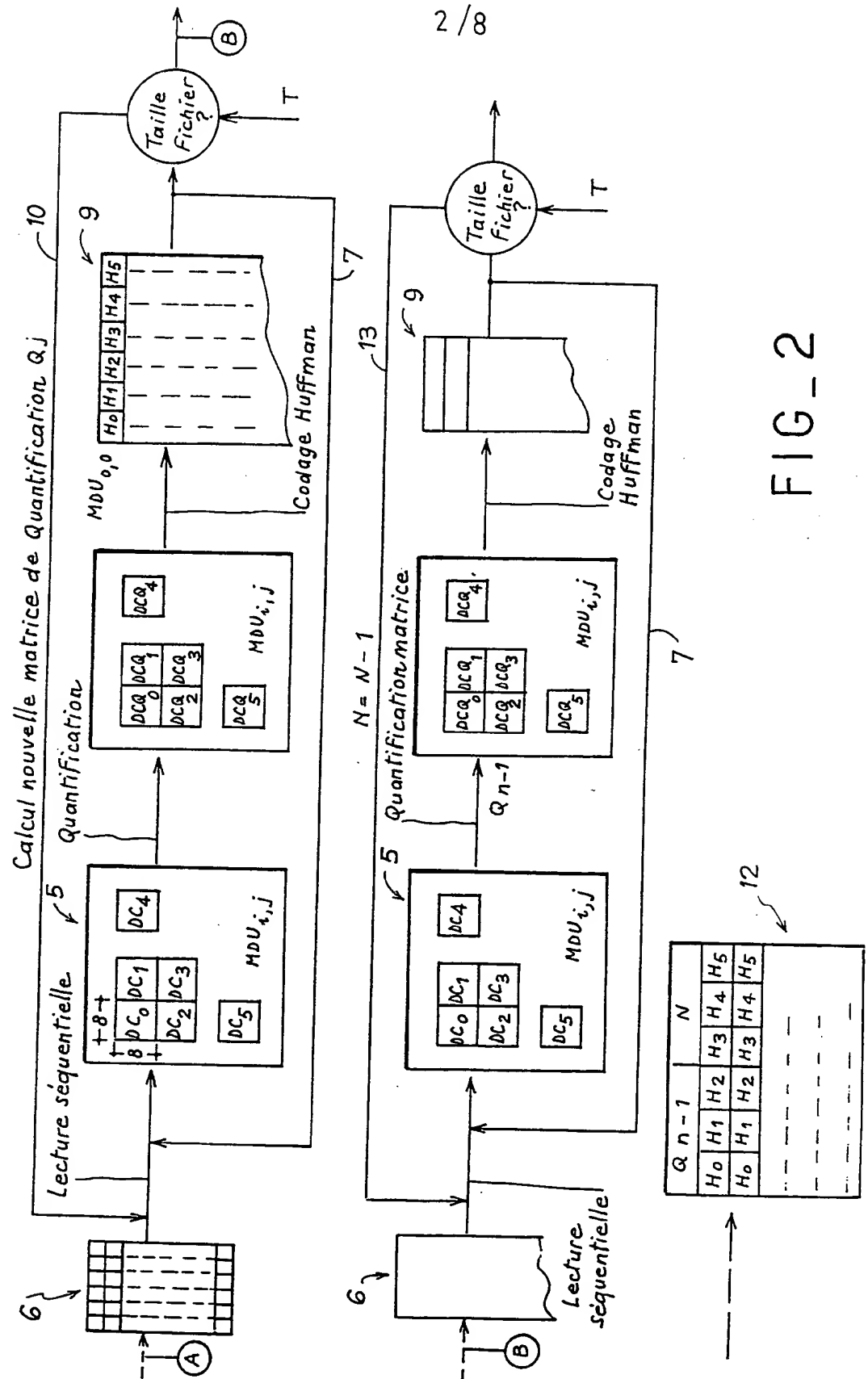
- 05 4) Reconstituer une image décompressée à partir du ou des plans décompressés obtenus en effectuant la transformation inverse, de celle utilisée à l'étape 1 du procédé de compression, caractérisé en ce qu'on obtient pour chaque matrice DCQ'_k un nombre de coefficients correspondant au nombre N trouvé à l'étape
- 10 c) du procédé de compression, en ce que l'étape 3.2. est réalisée en effectuant une reconstitution en zigzag de chaque matrice DCQ'_k à partir de ces N coefficients et en complétant chaque matrice à l'aide de coefficients nuls, et en ce que la matrice de quantification utilisée à l'étape 3.3 est la matrice Q_{n-1} ou Q_n
- 15 utilisée à l'étape c) du procédé de compression.

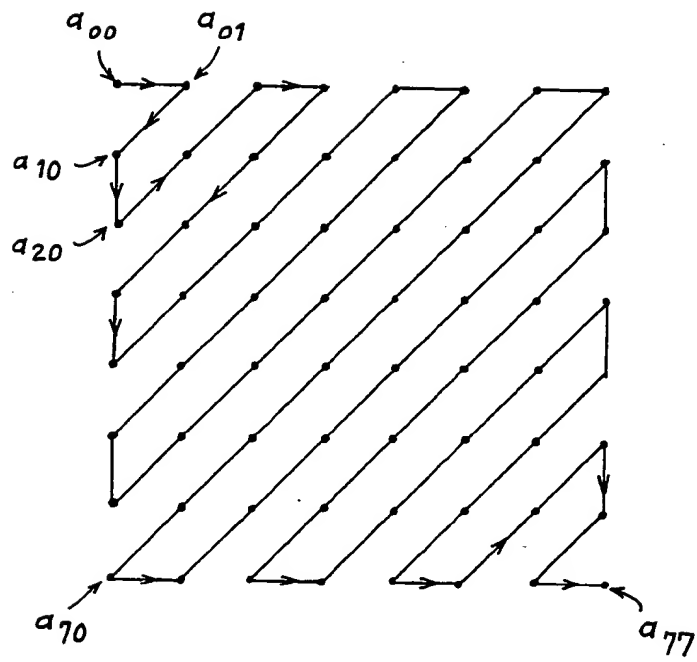
20

25

30



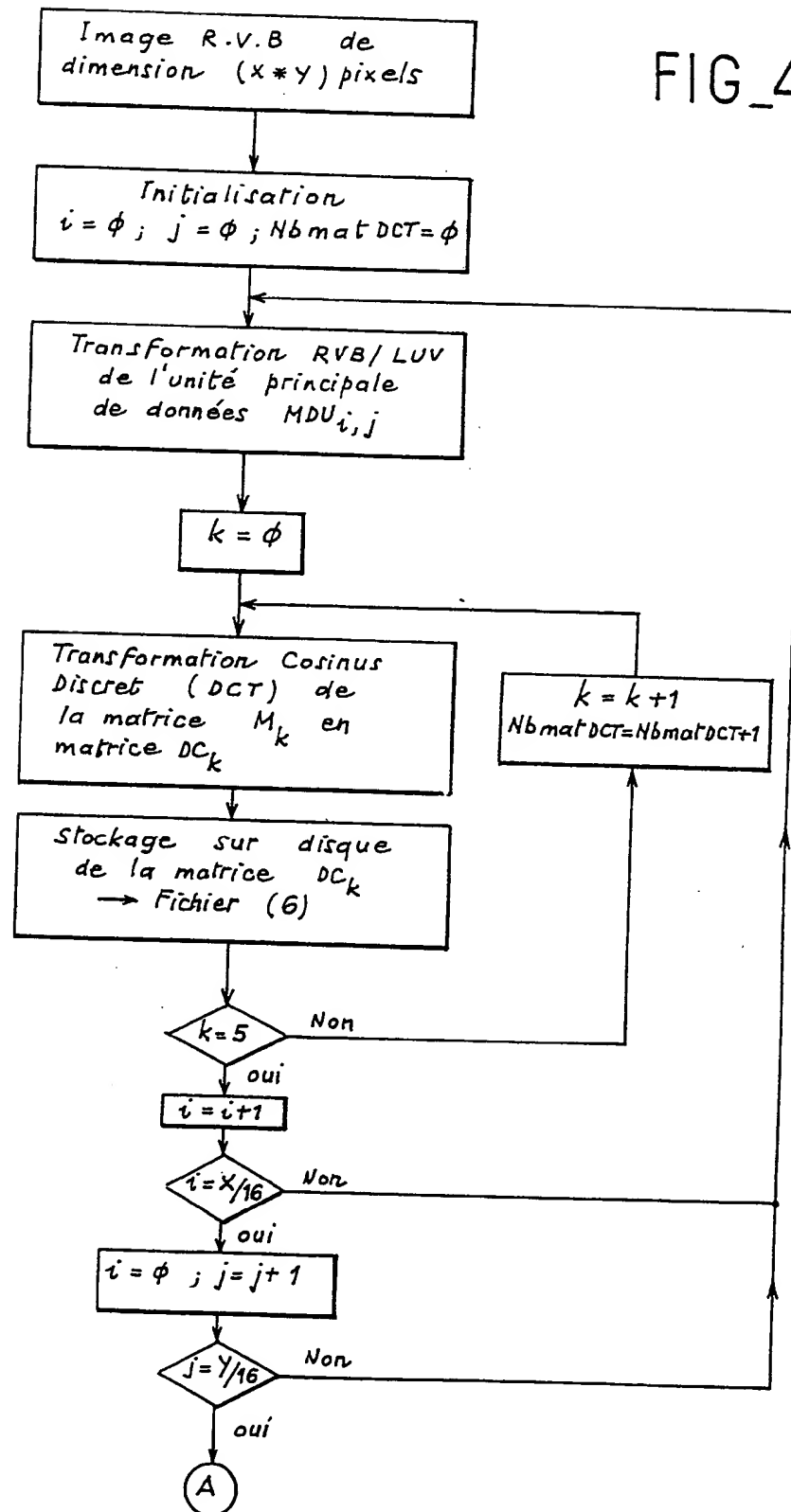




FIG_3

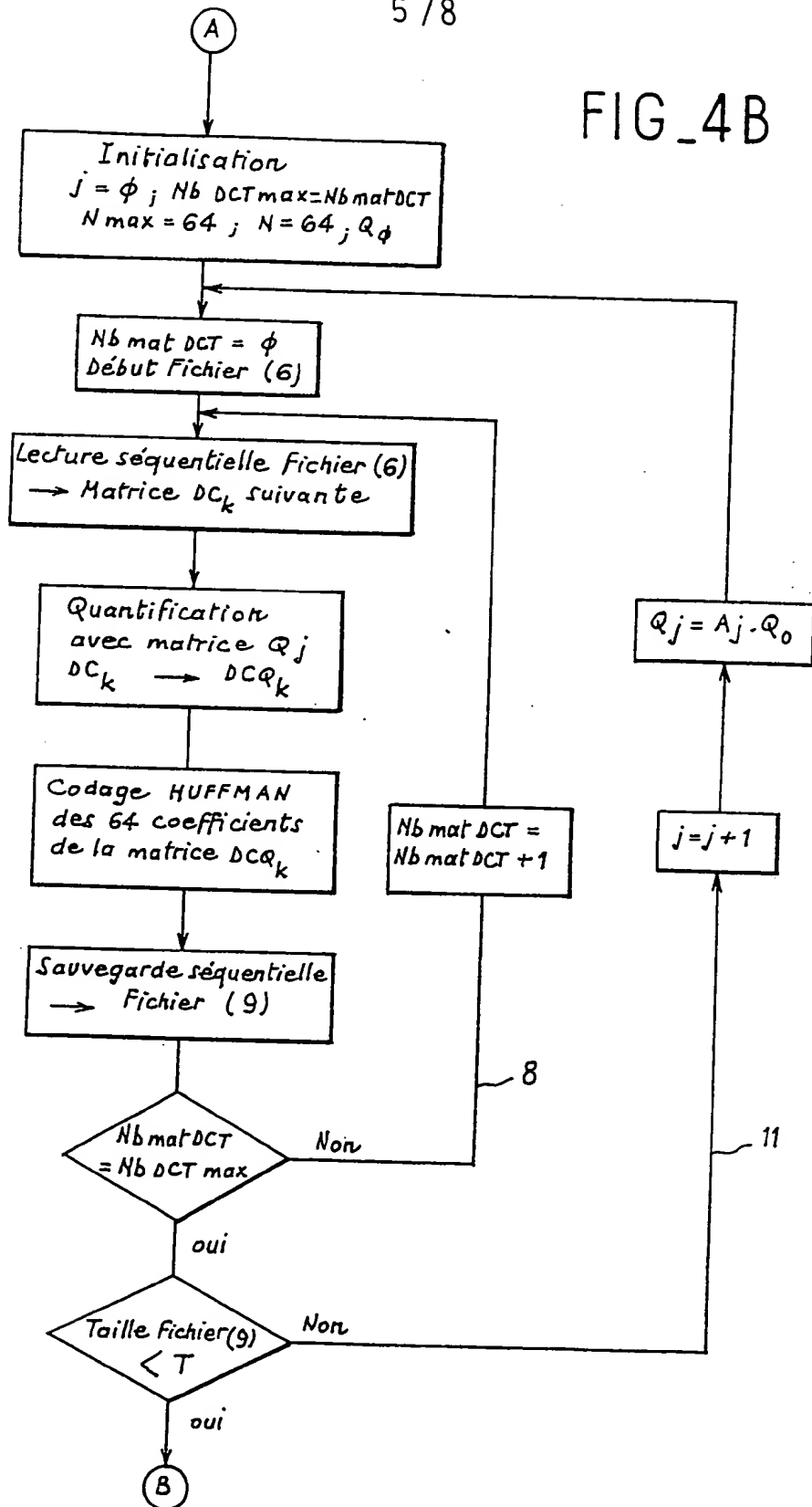
4 / 8

FIG_4A

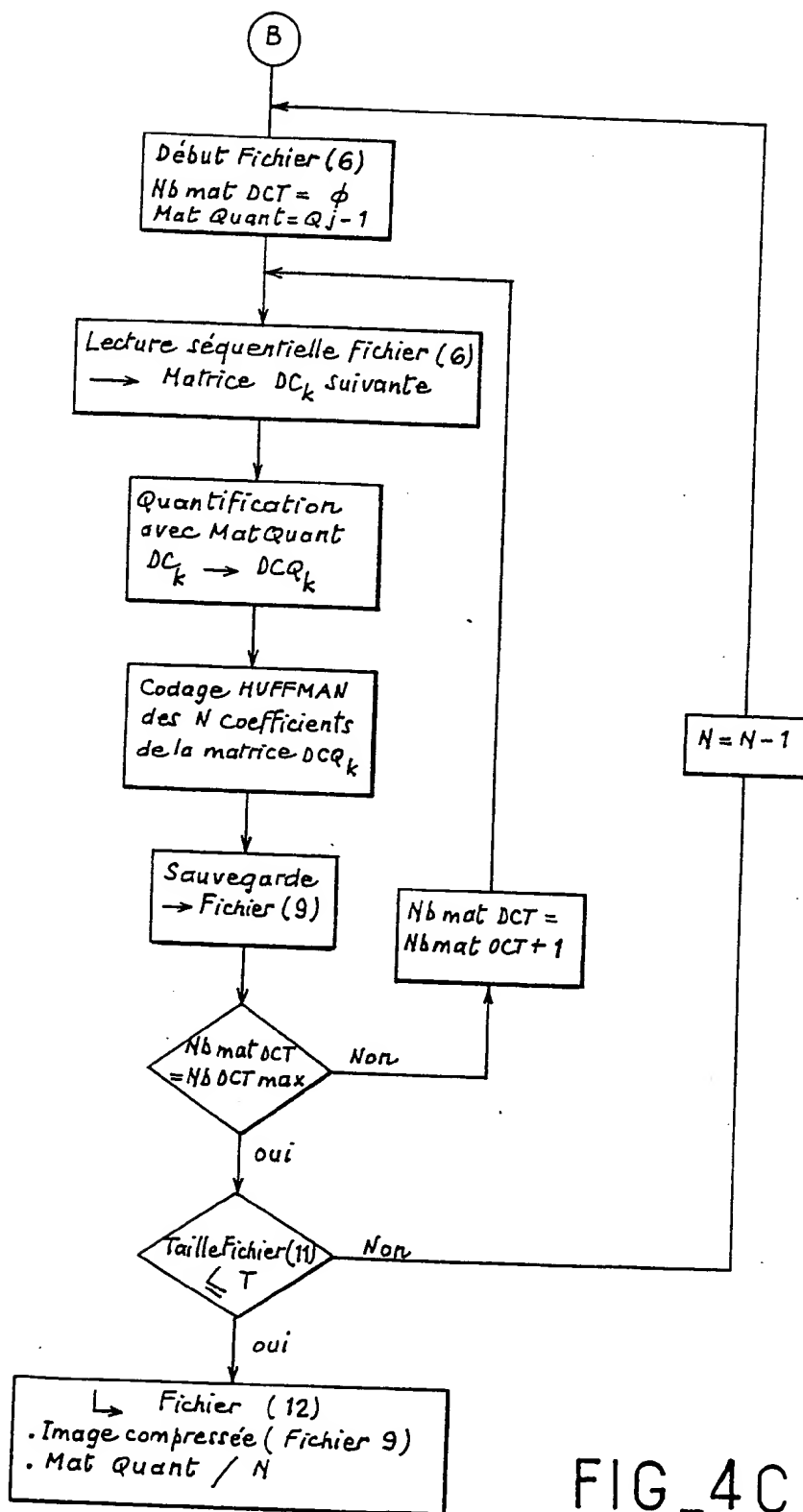


5 / 8

FIG_4B

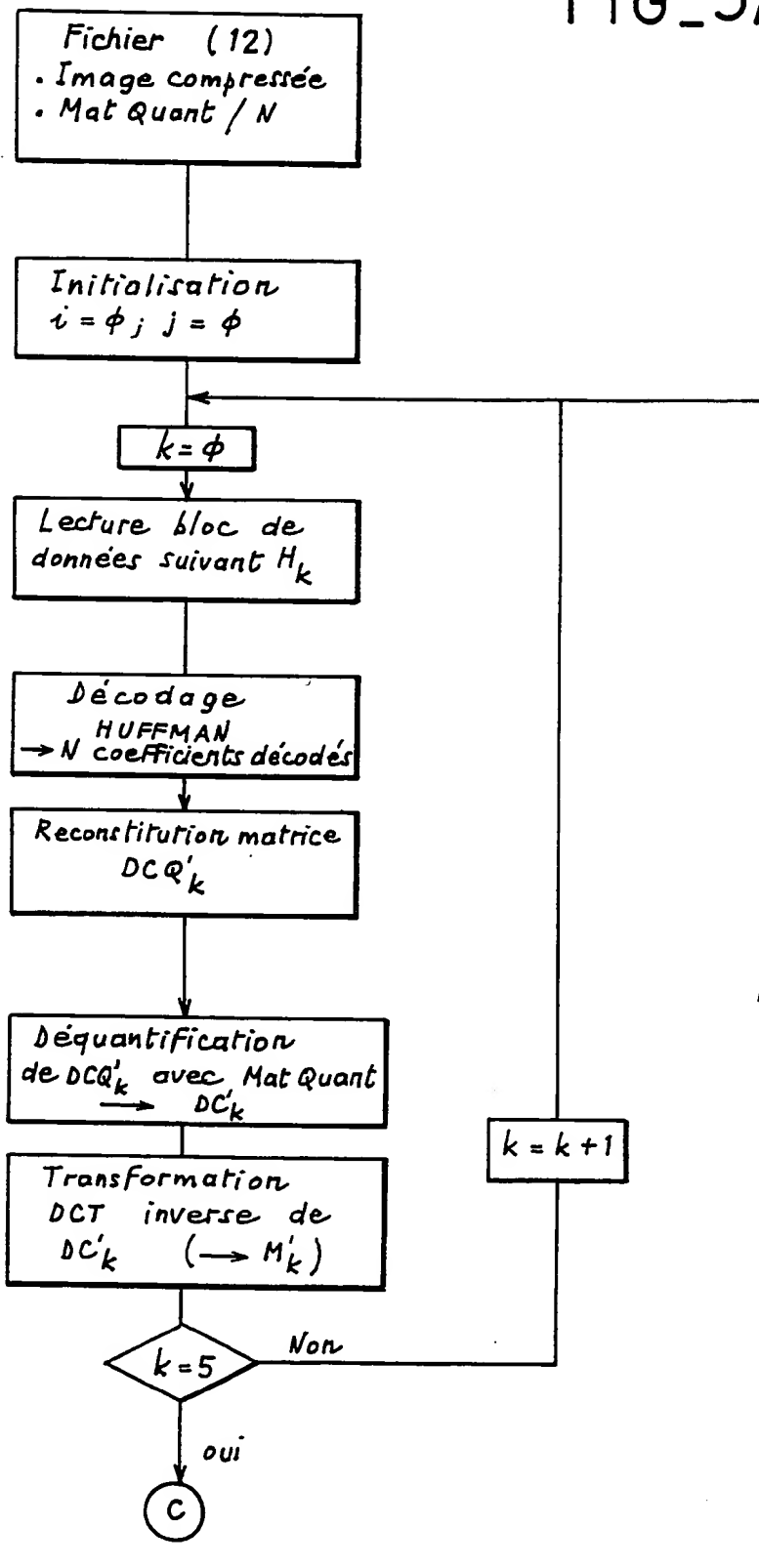


6/8

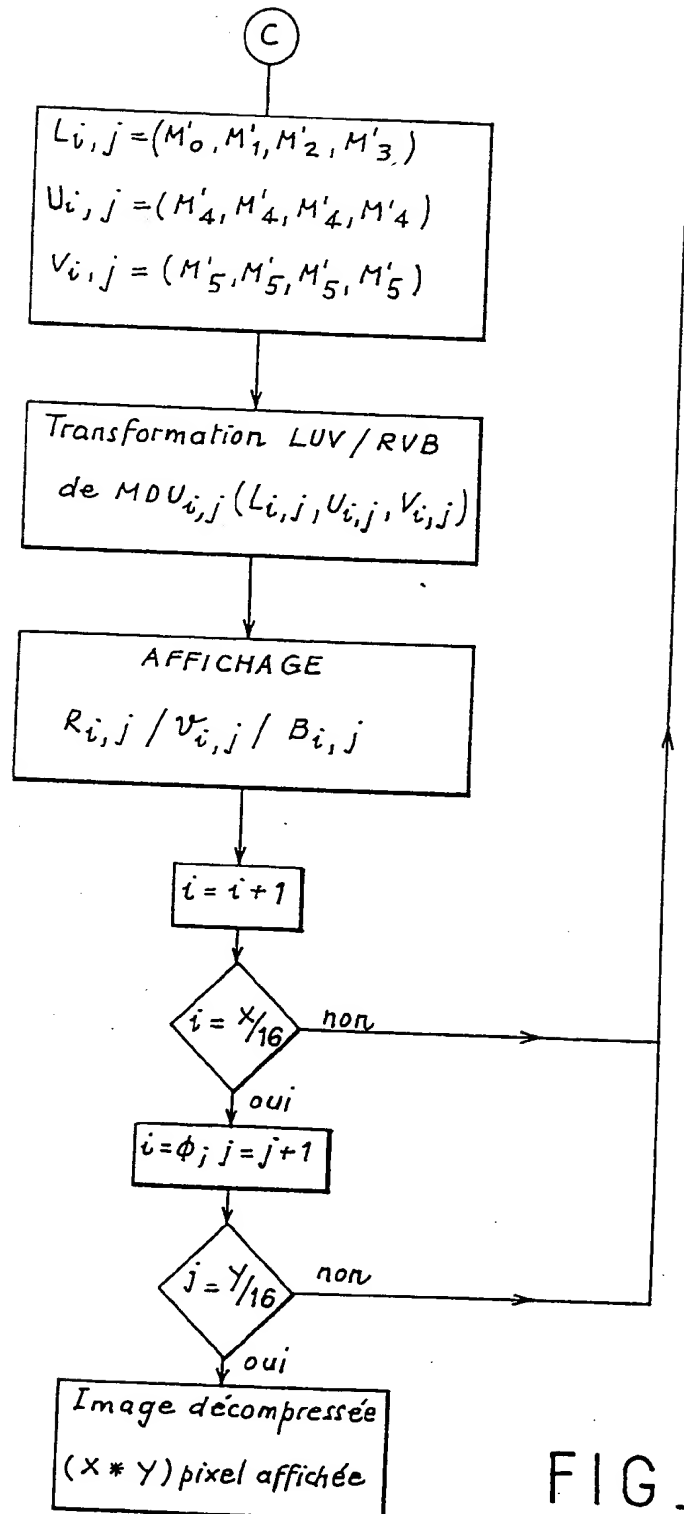


FIG_4C

FIG_5A



8 / 8



FIG_5B

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 486166
FR 9302828

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y A	US-A-4 394 774 (WIDERGREN) 19 Juillet 1983 * abrégé; figure 2 * * colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 2 * * * colonne 4, ligne 33 - ligne 36 * * colonne 5, ligne 25 - ligne 32 * ----	1,6 2-5
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 354 (E-958) 31 Juillet 1990 & JP-A-21 022 763 (NEC) 10 Mai 1990 * abrégé *	1,6
A	EP-A-0 487 282 (CANON) 27 Mai 1992 * colonne 2, ligne 2 - ligne 5 * * colonne 2, ligne 30 - ligne 32 * -----	1-6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
19 Octobre 1993		PIERFEDERICI, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 01.82 (P04C13)

THIS PAGE BLANK (USPTO)